

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-227967  
 (43)Date of publication of application : 29.08.1995

(51)Int.Cl.

B41J 2/05

(21)Application number : 06-021060

(71)Applicant : HITACHI KOKI CO LTD

(22)Date of filing : 18.02.1994

(72)Inventor : MITANI MASAO

YAMADA KENJI

SHIMIZU KAZUO

MACHIDA OSAMU

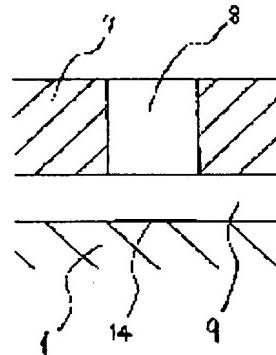
## (54) INK JET RECORDING APPARATUS

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To perfectly suppress the generation of a sub-drop by dividing the ink within an ink passage into ink on an emission side and ink on a residual side by an air bubble and cooling a heating resistor to temp. not re-evaporating inflow ink when the ink on the residual side again flows in to reach the heating resistor.

**CONSTITUTION:** After pulse heating is started, an air bubble rapidly grows upwardly in the same area as a heating resistor 14 to divide ink into ink on emission side and the ink on the side of an ink supply passage 9. The air bubble at this point of time is almost in a vacuum state and both of the ink on the emission side and the ink on the side of the ink supply passage 9 are sucked under pressure of about 1atm. and the ink of the lower layer near to the substrate 1 on the side of the ink supply passage 9 begins to move in the direction crushing the air bubble and the ink on the emission side obtains initial velocity to fly out of a nozzle 8 as it is.

The ink on the side of the ink supply passage 9 flows in the direction contracting the air bubble by pressure difference of 1atm. At this time, the heating resistor 14 is cooled to temp. not re-evaporating the ink and the flow of the ink after the flying out of the ink is rapidly decelerated.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.01.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision 2002-02970  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's 21.02.2002  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The exoergic resistor prepared near the ink delivery is made to evaporate some ink in a liquid ink way quickly by carrying out pulse energization. In the ink injection recording device which is made to breathe out liquid drop-like ink and is recorded from said delivery by the expansion force of these air bubbles, while making discharge-side ink and residual side ink divide the ink in the above-mentioned liquid ink way with the above-mentioned air bubbles. The ink injection recording device characterized by being cooled by even the temperature which this exoergic resistor does not make re-evaporate this inflow ink when this residual side ink re-flows on the above-mentioned exoergic resistor.

[Claim 2] By impressing the electrical potential difference of the pulse width below 3microS to an exoergic resistor without the protective layer prepared near the ink delivery In the ink injection recording device which some ink in a liquid ink way is made to cause fluctuation nucleate boiling, is made to breathe out liquid drop-like ink from said delivery by the expansion force of these air bubbles, and is recorded While making discharge-side ink and residual side ink divide the ink in the above-mentioned liquid ink way with the above-mentioned air bubbles, when this residual side ink re-flows on the above-mentioned exoergic resistor The ink injection recording device characterized by being cooled by even the temperature which this exoergic resistor does not make re-evaporate this inflow ink.

[Claim 3] Claim 1 characterized by having not separated 5 micrometers or more from the edge of an exoergic resistor where the height of said liquid ink way is lower than 30 micrometers, and the location of the wall of this liquid ink way is arranged on the base, and an ink injection recording device given in two.

[Claim 4] Claims 1 and 2 characterized by the ink discharge direction having structure out of which the perpendicular projection image to this exoergic resistor side of this regurgitation nozzle bottom by the side of ink supply has not come to 5-micrometer or more outside from the edge by the side of ink supply of this exoergic resistor in an exoergic resistor side, a perpendicular, or an almost perpendicular ink injection recording device, and an ink injection recording device given in three.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION****[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Industrial Application]** This invention relates to the recording apparatus of the format of turning a liquid ink drop to a record medium, and making it flying using heat energy, and the so-called thermal ink jet printer.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** Two methods are put in practical use by the head for ink regurgitation used for a thermal ink jet printer. That (JP,54-161935,A, JP,55-27281,A, JP,55-27282,A) the discharge direction of one of the exoergic resistor currently formed on one wall surface (substrate) of a liquid ink way and ink is [ that ] parallel, and other one have this perpendicular (JP,54-51837,A). All are the same also at the point that make some ink evaporate quickly with pulse heating, and it is the same to make a liquid ink drop breathe out from an orifice, and the fundamental configuration of the exoergic resistor covers a thin film resistor with the rapid expansion and contraction by the multilayer protective layer (refer to Hewlett Packard Journal, Aug.1988, and Nikkei mechanical December 28, 1992 issue 58 page).

**[0003]** On the other hand, practical, this invention person found out the thin film resistor and conductor material which can eliminate this multilayer protective layer that cannot be eliminated from the thin film resistor for the exoergic resistors by now, attained the large improvement in an extensive improvement of thermal efficiency and printing speed (ink regurgitation frequency), and also shortened the production process of a head sharply to coincidence (Japanese Patent Application No. No. 68257 [ five to ]). Furthermore, the most effective drive conditions of the unnecessary exoergic resistor of this protective layer were found out, with the conventional technique, generating of the outstanding air bubbles which cannot be attained, and a contraction property were able to be realized, and stabilization of the ink regurgitation and further improvement in that repeat frequency were able to be aimed at (Japanese Patent Application No. No. 272451 [ five to ]).

**[0004]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]** There was a problem of deterioration of the quality of printed character accompanying generating of a subdrop in the conventional thermal ink jet printer. However, the approach of controlling generating of a subdrop completely was able to be found out in the process in which the air bubbles which generate and disappear by the exoergic resistor without the above-mentioned protective layer, and the applied force which it gives to a liquid ink object are investigated in the detail.

**[0005]** The purpose of this invention is offering the thermal ink jet print head which a subdrop's does not generate, and realizing the thermal ink jet printer in which quality printing is possible.

**[0006]**

**[Means for Solving the Problem]** The above-mentioned purpose makes an exoergic resistor without the protective layer prepared near the ink delivery evaporate the part in a liquid ink way quickly by carrying out pulse energization. In the ink injection recording device which is made to breathe out liquid drop-like ink and is recorded from said delivery by the expansion force of these air bubbles, while making discharge-side ink and residual side ink divide the ink in the

above-mentioned liquid ink way with the above-mentioned air bubbles When this residual side ink re-flows on the above-mentioned exoergic resistor, it is attained by considering as the configuration cooled by even the temperature which this exoergic resistor does not make re-evaporate this inflow ink.

[0007] Moreover, said exoergic resistor is an exoergic resistor without a protective layer, and it is more effectively attained by considering said evaporation as the evaporation by fluctuation nucleate boiling by impressing the electrical potential difference of the fixed pulse width for 3 or less microseconds to this.

[0008] Or the height of said liquid ink way is lower than 30 micrometers, and it is attained by considering as the configuration which has not been separated from the edge of an exoergic resistor where the location of the wall of this liquid ink way is arranged on the base 5 micrometers or more.

[0009] Furthermore, an ink discharge direction is attained in an exoergic resistor side, a perpendicular, or an almost perpendicular ink injection recording device by considering as the structure out of which the perpendicular projection image to this exoergic resistor side of this regurgitation nozzle bottom by the side of ink supply has not come to 5-micrometer or more outside from the edge by the side of ink supply of this exoergic resistor.

[0010]

[Function] Since it acts so that the air bubbles generated all over the ink path by making it the above configurations may divide ink in discharge-side ink and residual side ink, it is lost that a regurgitation ink droplet drags on for a long time, and the problem of degradation of the quality of printed character resulting from a subdrop can be solved.

[0011]

[Example] SiO two-layer with a thickness of 2 micrometers to which drawing 3 has a heat insulation operation on the Si substrate 1 with a thickness of 400 micrometers -- nickel wiring with a 2, a Cr-Si-SiO alloy thin film resistor [ 3 ] of with a thickness of 0.1 micrometers, and a thickness of 1 micrometer -- the exoergic resistor 14 which was formed by carrying out the laminating of the conductor 5 and which does not require a protective layer is shown. It is checked that this exoergic resistor has a sufficiently long life also with pulse heating in water color ink in an underwater list (refer to Japanese Patent Application No. No. 68257 [ 05 to ]).

[0012] said exoergic resistor 14 -- underwater -- pulse heating is carried out in 6 and the result of having observed the air bubbles which generate and disappear by this by speed light photography is shown in drawing 4 . For 1microS and impression power, 2.5 w/dot and pulse repetition frequency is [ the impression pulse width at this time / the temperature of about 1microS and water 6 of 1kHz and the pulse lighting time amount in speed light photography ] about 25 degrees C. Generating of the air bubbles seen here is based on fluctuation nucleate boiling as it is indicated in detail to this invention person's patent application invention (Japanese Patent Application No. No. 272451 [ five to ]).

[0013] Air bubbles have already grown by Mr. 5-10-micrometer Taka by 1microS after pulse heating initiation, and it turns out that an ebullition start point is a very early time of calling it below 0.5-1microS so that drawing 4 may be seen and understood. Moreover, these air bubbles grow up with the almost same area as the exoergic resistor 14, and it turns out that that height is about 30 micrometers etc. also in that growth to 4 rounds is in \*\*\*\*\* (5-10 micrometers), and the phase which grew most. These do not change, even if the magnitude of the exoergic resistor 14 is different. That is, the air bubbles in an expansion phase are pressurized perpendicularly strongly to water, and give the high-speed upward flow of 30micrometer/2-2.5microsecond=12 - 15 m/s to water. The average expansion coefficient ( $dv/dt$ ) / v of the air bubbles at this time are also a very big value of  $1/2-2.5\text{microsecond}=4 - 5 \times 10^5/\text{s}$ . That is, the description of fluctuation nucleate boiling is expressed well.

[0014] On the other hand, the steam in these air bubbles is quickly cooled by the expansion process by cooling in surrounding ink, and cooling by expansion, the air bubbles in the maximum air-bubbles point have become a vacua mostly, and contraction starts. Although the contraction in this case should turn into isotropic contraction, with the inertial force of the high-speed rise stream explained in the preceding paragraph, it does not contract in the height direction but it is

comparatively slow contraction from 4 rounds of air bubbles. An arrow head given in drawing 4 shows the flow of the water presumed from the situation of expansion of these air bubbles and contraction.

[0015] Moreover, in drawing 4, neither the rebound phenomenon accompanying the cellular contraction surely seen with the conventional technique nor the recurrence bubble by the lack of cooling of a heater is seen. It is checking that these properties are almost eternal even if these properties change impression pulse width and impression power in the 2 to 3 times as many range as this based on fluctuation nucleate boiling acquired by carrying out the short pulse drive of the unnecessary thin film resistor of a protective layer as shown in drawing 5 as this invention persons already clarified, and the same property is shown in water color ink (Japanese Patent Application No. No. 272451 [ five to ]).

[0016] Now, that it is the case where the exoergic resistor side is the discharge direction and perpendicular of ink can understand easily such expansion of air bubbles based on this fluctuation nucleate boiling, and the configuration which can apply a contraction property to a thermal ink jet print head most effectively. The one concrete example of a configuration is shown in drawing 1. Only the distance which is  $t =$  about 25 micrometers separates in the exoergic resistor 14 of  $h = 40$  micrometer\*\*, and the location which counters this, the ink regurgitation nozzle 8 of  $r = R$  =about 40-micrometerphi is assembled, and (A) of drawing 1 shows the case where this tooth space is used as an ink supply liquid route 9. The difference in the head (A) and head (B) which are shown in drawing 1 is only a difference in whether the configuration of the ink regurgitation nozzle 8 where it is opened in the orifice plate 7 has spread toward the exoergic resistor 14 side. Thickness T of an orifice plate 7 was taken as about 50 micrometers and  $R =$  about 80micrometer[ of a head (B) ] phi.

[0017] Now, water was injected into the head shown in drawing 1, pulse width 1microS, impression power 1.6W, and pulse impression with a pulse frequency of 1kHz were performed to the exoergic resistor 14, and the situation of the waterdrop breathed out from each nozzle 8 was observed by speed light photography. The result of having piled up the observation result shown in the result and drawing 4, and having presumed the flow of the water in a head is shown in drawing 2. Drawing 2 (A) is equivalent to the head of drawing 1 (A), and (B) is equivalent to the head of (B) of drawing 1. Moreover, the situation in the nozzle after 3, 6, and 9 or 12microS is respectively shown from pulse impression initiation before [ from the left ] pulse impression.

[0018] First, in the case of drawing 2 (A), the liquid of a discharge side and the liquid by the side of the ink supply liquid route 9 are completely divided by air bubbles at the 3microS time. Since the air bubbles at this time are already vacuas mostly, both the liquid of a discharge side and the liquid by the side of the ink supply liquid route 9 are attracted by the pressure of about 1 atmospheric pressure, and the lower layer liquid near the substrate 1 by the side of the ink supply liquid route 9 is beginning to move in the direction which already crushes air bubbles. however, the liquid of a discharge side -- this time -- the rate of flow of about 12 to 15 m/S -- obtaining -- \*\*\*\* -- the pressure of one atmospheric pressure, and a nozzle with a die length of about 50 micrometers -- this speed -- rather -- \*\*\*\*\* -- things' not being made is that do not need to solve the easy equation of motion and it is known. Namely, a discharge-side liquid jumps out of a nozzle at the 8-9microS time with this initial velocity.

[0019] On the other hand, although the ink supply liquid route 9 side liquid flows in the direction to which air bubbles are made to reduce by the differential pressure of one atmospheric pressure, since this differential pressure is solved at the about 8microS time to which a discharge-side liquid jumps out of a nozzle, the liquid flow after this is slowed down quickly. And it becomes to return to the meniscus location before pulse impression 60-70microS back. With this head, generating of the subdrop leading to a quality-of-printed-character fall is not accepted.

[0020] On the other hand, in the case of drawing 2 (B), it becomes a motion different as sharply as the case of the above (A). That is, the liquid of a discharge side and the liquid by the side of the ink supply liquid route 9 are connected at the about 3microS time at the time of the maximum air-bubbles attainment of drawing 2 (B), and since it is dragged out by the discharge-side liquid, a long tail will be formed. Although it is dependent also on nozzle dimensions, the die

length of this tail may amount also to a maximum of 500 micrometers, while this flies, serves as some drop \*\*\*\*\* subdrops, and causes a quality-of-printed-character fall.

[0021] In order to make generating of a subdrop inhibit so that a motion of the liquid in the head presumed from the experiment fact shown here and it may show, it becomes indispensable to make a discharged liquid object and a residual liquid object divide at an early stage as much as possible. Of course, it is clear that the liquid of the thin layer which is connected at the 3 - 4microS time in the case of the head of drawing 2 (B) may go out, and it is dependent also on the viscoelastic property of the liquid. Furthermore, even if it thinks in manufacturing technology, the core of a nozzle and the core of an exoergic resistor vary in the error of a certain range. Therefore, if a nozzle core and no less than 10-15 micrometers of exoergic resistor cores have shifted in the case of the head of the type of drawing 2 (A), a discharged liquid object will drag on and will generate a subdrop.

[0022] Therefore, the conditions on which the direction of the nozzle shown in drawing 1 does not make an exoergic resistor side generate a subdrop certainly in the case of a perpendicular or an almost perpendicular head have the height of the ink supply liquid route 9 lower than 30 micrometers of the maximum growth height of air bubbles, and are arranging so that the perpendicular projection image of the lower limit side of a nozzle 8 may not come out to 5-micrometer or more outside from the edge of the exoergic resistor 14. By considering as such a configuration, the discharged liquid object to which the initial velocity of about 12 to 15 m/S was given is certainly divided with a residual side liquid, and a subdrop does not generate it.

[0023] The conditions which a subdrop does not generate on the other hand with a type head with the discharge direction of a liquid parallel to an exoergic resistor side are easy to a slight degree. In this case, if the distance of the wall which the height of the liquid ink way in the part in which the exoergic resistor is formed is 30 micrometers or less, and forms the liquid ink way, and the edge of an exoergic resistor is 5 micrometers or less, it is possible to make the ink in a liquid ink way divide certainly. In this case, it depends for the regurgitation rate of regurgitation ink on the ratio of the area of an exoergic resistor, and the volume of the liquid ink way of that part. However, enlarging a regurgitation rate will mean that the reaction also becomes large, and the fault of lengthening the reset time of ink will be conspicuous.

[0024] In addition, it applies for "the fluid injection approach characterized by the internal pressure of said air bubbles making said air bubbles open for free passage with the open air on condition that below an outside atmospheric pressure" (JP,4-10940,A, others) as a prior invention near this invention. Now regurgitation ink will be long, this prior invention will drag on, although "it is said the liquid by the side of the ink supply path 9 and the liquid by the side of a delivery be in the condition of having been tied at a part of ink path that it was made when the internal pressure of air bubbles makes said air bubbles open for free passage with the open air on condition that below an outside atmospheric pressure", and the generating prevention approach of the subdrop of this invention is fundamentally different. Moreover, the above-mentioned free passage method is the approach already substantially enforced in the past. Namely, although "making the ink of the liquid interior of a room gasify, and making this gas breathe out from an ink delivery with an ink droplet with a heating element" is stated to JP,54-161935,A If pulse heating of "the tubed heating element which becomes the back inside which separated the distance equivalent to the amount of the liquid ink drop which should be breathed out from a resistor etc." is carried out and a liquid ink drop is made to breathe out from a delivery, as already stated in detail, the air bubbles at the time of an ink droplet being breathed out from an ink delivery will be in a vacua mostly. That is, the artificer of JP,54-161935,A only mistook the phenomenon of the moment an ink droplet carries out the regurgitation from the delivery of selves' head, the internal pressure of the "aforementioned air bubbles makes said air bubbles open for free passage with the open air on condition that below an outside atmospheric pressure, and the stereo is considered to be" \*\*\*\*\* as indicated by JP,4-10940,A and others.

[0025] Anyway, regurgitation ink and residual ink cannot be made to be able to divide in many cases by "the air bubbles which became below the outside atmospheric pressure are made to open for free passage with the open air", and generating of a subdrop cannot necessarily be prevented. For example, even when the height of the ink supply liquid route 16 is 40-50

micrometers, and the width of face of the exoergic resistor 15 is almost the same as that of the ink supply liquid route 16, regurgitation ink will drag on for a long time, and generating of a subdrop is accepted [ as shown in drawing 8  $R > 8$  ]. Of course, it is as having already stated that the air bubbles after 3microS shown in drawing 8 are vacuas mostly. Moreover, when the height of the liquid ink way is 30 micrometers or less with the head shown in drawing 7 , ink flows [ the case of the head shown in drawing 2 (A), or ] on an exoergic resistor and it carries out a recurrence bubble, the splash of a subdrop or many occurs clearly. That is, it becomes conditions indispensable to generating suppression of a subdrop to make even the temperature which does not carry out a recurrence bubble quench an exoergic resistor.

[0026] In addition, probably, behavior of a regurgitation ink droplet does not need to explain not changing as fundamentally as drawing 2 anew, even if it forms the liquid ink way of for example, 50-micrometer width of face in the head shown in drawing 1 . Moreover, about this, the following examples show many examples.

[0027] [Example 1] The ink discharge direction shows the exoergic resistor side, the perpendicular, or the almost perpendicular head among the thermal ink jet print heads which evaluated drawing 6 here. The exoergic resistor 14 is a configuration shown in drawing 3 here. And  $h=40\text{micrometer}^{**}$ ,  $T= 50$  micrometers in width of face of  $H= 50$  micrometers of the ink supply liquid route 9, thickness of an orifice plate 7  $r= 40$  micrometers of diameters phi of the regurgitation of a nozzle presupposed that it is common, and they made some heads which changed the aperture  $R$  of a nozzle bottom, and height (septum height)  $t$  of the ink supply liquid route 9 as an experiment, filled water color ink to these, and conducted the regurgitation experiment of ink on them. In order to evaluate only the generating factor of a subdrop, pulse width 1microS and the pulse energy of impression power 1.5W were impressed to the exoergic resistor 14 with the period of 1kHz, and it evaluated using the ink droplet which carries out the regurgitation from one delivery. Of course, generating of the air bubbles in this case is based on fluctuation nucleate boiling. Moreover, 1mm front of a head was printed to being run by the detail paper with the speed of 300 mm/S, and it evaluated whether a subdrop would accompany a printing dot. It is checking that the core and core of an exoergic resistor of the nozzle used for these experiments correspond within \*\*3 micrometers.

[0028] The experimental result of these single strings is shown in Table 1.

[0029]

[Table 1]

表 1

$t \backslash R$	40 ( $\mu\text{m}$ )	50	60	80
20 ( $\mu\text{m}$ )	○	○	△	×
30	○	○	△	×
40	△	×	×	—
50	×	×	—	—

○ サブドロップなし

△ わずかにあり

× サブドロップあり

[0030] It turns out that this result is well in agreement with the result described previously, and it becomes conditions indispensable to generating prevention of a subdrop to make the ink by the side of a delivery and the ink by the side of an ink supply liquid route divide in the case of water color ink. Moreover, also in the head which the subdrop of Table 1 does not generate, although it was the regurgitation of the ink by fluctuation nucleate boiling when pulse width 5microS and the pulse energy of impression power 0.6W were impressed with the period of 1kHz, it turned out that the circumference of a printing dot is polluted slightly. The re-regurgitation with a recurrence bubble is the cause clearly, and this becomes the cause which soils the printing circumference considerably, when the usual printing is carried out.

[0031] [Example 2] The head which was able to shift only 5 micrometers of cores of a

regurgitation nozzle from the core of an exoergic resistor to the ink supply side was made from the head of an example 1, and the same conditions as an example 1 estimated the existence of an appearance of a subdrop.

[0032]

[Table 2]

表 2

$t \backslash R$	40 ( $\mu\text{m}$ )	50	60	80
$20 (\mu\text{m})$	○	○	×	—
30	○	△	×	—
40	×	×	—	—
50	—	—	—	—

○ サブドロップなし

△ わずかにあり

× サブドロップあり

[0033] Although that result is shown in Table 2, if it doubles also with the result of Table 1 and collects, the height of a liquid ink way is about 30 micrometers or less, and considering as the structure out of which 10 micrometers or more of perpendicular projection images to the exoergic resistor side of the regurgitation nozzle bottom by the side of ink supply have not come to 5 micrometers or more and an outside (ink supply side) desirably from the edge by the side of ink supply of this exoergic resistor can call it conditions indispensable to subdrop control. Of course, it is as the example 1 having described that the conditions of not carrying out a recurrence bubble to this are required.

[0034] [Example 3] The evaluation result about the head of drawing 7 from which an exoergic resistor and an ink discharge direction become parallel here is described. Here, width of face of  $H= 50$  micrometers of the ink supply liquid route 9, die length of  $l= 120$  micrometers of the exoergic resistor 14 of the structure shown in drawing 3, and die length of  $L= 80$  micrometers from the edge by the side of the delivery of the exoergic resistor 14 to a delivery presupposed that it is fixed, manufactured the head which changed height  $t$  of the ink supply liquid route 9, and the width of face  $h$  of the exoergic resistor 14, and conducted the same evaluation experiment as an example 1. The pulse energization to the exoergic resistor 14 gave the energy with which are satisfied of the "fluctuation nucleation conditions" which show pulse width 1microS and impression power to drawing 5 by  $0.12 \times h$ (micrometer) W/dot (refer to Japanese Patent Application No. No. 272451 [ five to ]).

[0035] The experimental result of these single strings is shown in Table 3.

[0036]

[Table 3]

表 3

$t \backslash h$	30 ( $\mu\text{m}$ )	40
$20 (\mu\text{m})$	△	○
30	×	○
40	×	×
50	—	×

○ サブドロップなし

△ わずかにあり

× サブドロップあり

[0037] Moreover, the result as which the exoergic resistor 14 manufactured and estimated the head which inclined toward the one side of the ink septum 11 5 micrometers by the head of this structure is shown in Table 4.

[0038]

[Table 4]

~~4~~

$t \setminus k$	30 ( $\mu m$ )	40
20 ( $\mu m$ )	x	○
30	x	△
40	—	x
50	—	—

○ サブドロップなし

△ わずかにあり

x サブドロップあり

[0039] It turns out that the conditions that the foaming air bubbles can take up the ink supply liquid route 9 nearly completely are indispensable to generating prevention of a subdrop so that clearly from these results. Moreover, if height  $t$  of the ink septum 11 has enough the wide width of face of the exoergic resistor 14 when very low, 20 micrometers or less and, even if it has separated 5 micrometers or more from the septum, expansion of air bubbles can take up an ink path and it also becomes possible to prevent generating of a subdrop. However, since the configuration of an ink delivery becomes flat in this case, a drop configuration tends to worsen, and the device of extracting slight width of face of a delivery is needed. Moreover, it was the same as that of the case of examples 1 and 2 that a recurrence gun becomes easy to soil the recording paper in the case of this type of head.

[0040] In addition, although the inclination a subdrop becomes easy to generate a little was accepted even if the result related with a subdrop is eternal even if it thickens thickness  $T$  of the orifice plate in examples 1 and 2 with 80 micrometers, and it lengthened the die length of  $L$  in an example 3 with 120 micrometers similarly, the inclination did not change.

[0041] [Example 4] By this example, not conditions with not necessarily indispensable fluctuation nucleate boiling but an important thing shows that it is making air bubbles divide ink in the ink by the side of a delivery, and the ink by the side of an ink supply liquid route to generating suppression of a subdrop. Of course, although it is sure, it becomes a difference remarkable [ the difference is not so remarkable when an exoergic resistor side like an example 1 and an ink discharge direction are perpendicular, and ] when it is the head from which an exoergic resistor side and an ink discharge direction become parallel like an example 3 rather than the regurgitation is stabilized by using the air bubbles generated according to fluctuation nucleate boiling, and it appears. It is because the minute air-bubbles origination of nucleus in which it appears according to fluctuation nucleate boiling generates in an ununiformity the minute air-bubbles nucleus which appears in the case of the other homogeneity nucleate boiling or heterogeneity nucleate boiling in respect of a heater to being homogeneity throughout a heater side, so it has big effect in the direction in which directivity appears in growth of subsequent air bubbles, and this acts as ink regurgitation force. However, a difference is seldom accepted about the growth as air bubbles, and disappearance.

[0042] Then, although it was homogeneity nucleate boiling or heterogeneity nucleate boiling, when the ink regurgitation situation when giving the conditions (pulse width 5microS, impression power 0.45W) used as fluctuation nucleate boiling was observed using the head of an example 1, the almost same result as Table 1 was obtained except the timing of the regurgitation becoming late. In addition, it is because it is conversely difficult that having lengthened pulse width with 5microS by this evaluation trial makes homogeneity nucleate boiling or heterogeneity nucleate boiling which is not fluctuation nucleate boiling cause with short pulse heating in the case of a heater without a protective layer.

[0043] Thus, by this example, though generating of air bubbles does not originate in fluctuation nucleate boiling, it was proved by making the ink by the side of a delivery, and the ink by the side of an ink supply liquid route divide ink by air bubbles that the fault of the tailing phenomenon and splash which are generated in the case of the regurgitation of ink was cancelable. However, when driving the head of a multi-nozzle, if a difference is in the resistance of an exoergic resistor, or

the internal resistance of a drive power source between nozzles and these are driven with comparatively long pulse width, a difference will appear in a programming rate between exoergic resistors, and variation will appear at ebullition start time. Furthermore, fluctuation nucleate-boiling, homogeneity nucleate-boiling, and very small air-bubbles [ in / some difference is further appeared in growth of air bubbles between heterogeneity nucleate boiling, and / an initial stage ] origination-of-nucleus conditions also differ. These all have inconvenient effect on the stability of the regurgitation, though small, and they cause quality-of-printed-character degradation. Therefore, it becomes the best policy that the increment in some injection energy makes ink breathe out on fluctuation nucleate-boiling conditions although it is the need.

[0044]

[Effect of the Invention] Since discharge-side ink is made to divide with residual side ink with the generated air bubbles according to this invention, it is lost that a regurgitation ink droplet drags on for a long time, and the problem of degradation of the quality of printed character resulting from a subdrop can be solved. Moreover, contamination of the recording paper by the additional regurgitation or the splash can be prevented by having made the temperature of an exoergic resistor cool quickly and having pressed down the recurrence bubble.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] The sectional view of a head used for the experiment of this invention.

[Drawing 2] The type section Fig. which presumed the motion of the ink inside the head at the time of making ink breathe out from the head of drawing 1.

[Drawing 3] Structural drawing of a thin film exoergic resistor used for the experiment of this invention.

[Drawing 4] The type section Fig. showing the situation of the flow of water which presumed the exoergic resistor of drawing 3 from generating of the air bubbles when carrying out pulse heating underwater, disappearance, and it.

[Drawing 5] The graph which shows the fluctuation nucleate-boiling generation region (continuous line) and single foaming region (dotted line) when carrying out pulse heating of the heater of drawing 3 underwater.

[Drawing 6] The sectional view of an integration head used for the experiment of this invention.

[Drawing 7] The sectional view of other integration heads used for the experiment of this invention.

[Drawing 8] The sectional view showing a motion of the ink at the time of making ink breathe out from the conventional head.

**[Description of Notations]**

1 -- Si substrate and 2 -- SiO two-layer and 3 -- a Cr-Si-SiO alloy thin film resistor, and 4 and 5 -- nickel wiring -- a conductor and 6 -- water and 7 -- an orifice plate and 8 -- for a common ink slot and 11, as for a nozzle bottom perpendicular projection image and 13, a top plate, and 14 and 15 are [ a nozzle, and 9 and 16 / an ink supply liquid route and 10 / an ink septum and 12 ] exoergic resistors.

---

**[Translation done.]**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-227967

(43)公開日 平成7年(1995)8月29日

(51)Int.Cl.<sup>®</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 41 J 2/05

B 41 J 3/04

103 B

審査請求 未請求 請求項の数4 O.L (全9頁)

(21)出願番号 特願平6-21060

(71)出願人 000005094

(22)出願日 平成6年(1994)2月18日

日立工機株式会社

東京都千代田区大手町二丁目6番2号

(72)発明者 三谷 正男

茨城県勝田市武田1060番地 日立工機株式会社内

(72)発明者 山田 健二

茨城県勝田市武田1060番地 日立工機株式会社内

(72)発明者 清水 一夫

茨城県勝田市武田1060番地 日立工機株式会社内

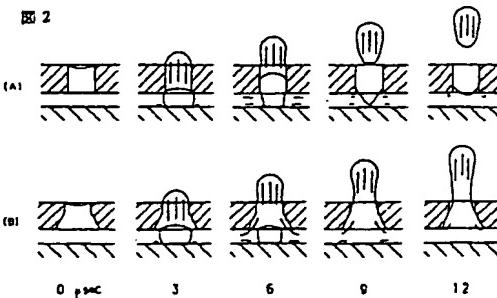
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インク噴射記録装置

(57)【要約】

【目的】 本発明はパルス加熱によってインク液滴を記録媒体に向けて飛翔させる方式のインク噴射記録装置に関するもので、特にサブドロップ等の発生を抑止して印字品質を向上させることを目的とする。

【構成】 インク吐出口近傍に設けられた発熱抵抗体にパルス通電することによってインク液路中のインクの一部を急速に気化させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインク噴射記録装置において、上記インク液路中のインクを上記気泡によって吐出口側のインクとインク供給液路側のインクとに分断せると共に、該残留側インクが上記発熱抵抗体上に再流入した時には、該発熱抵抗体が該流入インクを再気化させることのない温度にまで冷却される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インク吐出口近傍に設けられた発熱抵抗体にパルス通電することによってインク液路中のインクの一部を急速に気化させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインク噴射記録装置において、上記インク液路中のインクを上記気泡によって吐出側インクと残留側インクとに分断させると共に、該残留側インクが上記発熱抵抗体上に再流入した時には、該発熱抵抗体が該流入インクを再気化させることのない温度にまで冷却されていることを特徴とするインク噴射記録装置。

【請求項2】 インク吐出口近傍に設けられた保護層のない発熱抵抗体に $3 \mu s$ 以下のパルス幅の電圧を印加することによって、インク液路中のインクの一部にゆらぎ核沸騰を起させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインク噴射記録装置において、上記インク液路中のインクを上記気泡によって吐出側インクと残留側インクとに分断させると共に、該残留側インクが上記発熱抵抗体上に再流入した時には、該発熱抵抗体が該流入インクを再気化させることのない温度にまで冷却されていることを特徴とするインク噴射記録装置。

【請求項3】 前記インク液路の高さが $30 \mu m$ よりも低く、該インク液路の壁の位置がその底面に配置されている発熱抵抗体の縁より $5 \mu m$ 以上離れていないことを特徴とする請求項1及び2記載のインク噴射記録装置。

【請求項4】 インク吐出方向が発熱抵抗体面と垂直またはほぼ垂直であるインク噴射記録装置において、インク供給側の該吐出ノズル底の該発熱抵抗体面への垂直投影像が該発熱抵抗体のインク供給側の縁より $5 \mu m$ 以上外側に出でていない構造となっていることを特徴とする請求項1、2及び3記載のインク噴射記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、熱エネルギーを利用してインク液滴を記録媒体に向けて飛翔させる形式の記録装置、いわゆるサーマルインクジェットプリンタに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 サーマルインクジェットプリンタに用いられるインク吐出用ヘッドには2つの方式が実用化されている。一つは、インク液路の一つの壁面(基板)上に形成されている発熱抵抗体とインクの吐出方向が平行となっているもの(特開昭54-161935号、特開昭55-27281号、特開昭55-27282号)、他の一つはこれが垂直となっているもの(特開昭54-51837号)である。いずれもパルス加熱によってインクの一部を急速に気化させ、その急激な膨張と収縮によってインク液滴をオリフィスから吐出させることは同じであり、その発熱抵抗体の基本的構成が薄膜抵抗体を多

層の保護層で被覆するという点でも同一である(Hewlett Packard Journal, Aug. 1988及び日経メカニカル1992年1月28日号58ページ参照)。

【0003】 これに対し本発明者は、実用的には今迄の発熱抵抗体用の薄膜抵抗体から排除することが不可能であったこの多層の保護層を排除できる薄膜抵抗体と導体材料を見い出し、熱効率の大幅な改善と印字速度(インク吐出周波数)の大幅な向上を達成し、同時にヘッドの製造工程も大幅に短縮した(特願平5-68257号)。更にこの保護層の不要な発熱抵抗体の最も効果的な駆動条件を見い出し、従来技術では達成不可能な優れた気泡の発生、収縮特性を実現させ、インク吐出の安定化とその繰り返し周波数の更なる向上を図ることができた(特願平5-272451号)。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来のサーマルインクジェットプリンタにはサブドロップの発生に伴う印字品質の低下という問題があった。しかし、上記した保護層の無い発熱抵抗体によって発生、消滅する気泡と、それがインク液体に与える作用力を詳細に調べている過程で、サブドロップの発生を完全に抑制できる方法を見出すことができた。

【0005】 本発明の目的は、サブドロップの発生しないサーマルインクジェットプリントヘッドを提供し、高品質な印字が可能なサーマルインクジェットプリンタを実現することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的はインク吐出口近傍に設けられた保護層のない発熱抵抗体にパルス通電することによってインク液路中の一部を急速に気化させ、この気泡の膨張力によって前記吐出口から液滴状インクを吐出させて記録するインク噴射記録装置において、上記インク液路中のインクを上記気泡によって吐出側インクと残留側インクとに分断させると共に、該残留側インクが上記発熱抵抗体上に再流入した時には、該発熱抵抗体が該流入インクを再気化させることのない温度にまで冷却されている構成とすることにより達成される。

【0007】 また、前記発熱抵抗体が保護層のない発熱抵抗体であり、これに $3 \mu s$ 以下の一定のパルス幅の電圧を印加することによって、前記気化をゆらぎ核沸騰による気化とすることによって、より効果的に達成される。

【0008】 あるいは、前記インク液路の高さが $30 \mu m$ よりも低く、該インク液路の壁の位置がその底面に配置されている発熱抵抗体の縁より $5 \mu m$ 以上離れていない構成とすることによって達成される。

【0009】 更に、インク吐出方向が発熱抵抗体面と垂直またはほぼ垂直であるインク噴射記録装置において、

インク供給側の該吐出ノズル底の該発熱抵抗体面への垂直投影像が該発熱抵抗体のインク供給側の縁より  $5 \mu m$  以上外側に出ていない構造とすることにより達成される。

#### 【0010】

【作用】上記のような構成にすることにより、インク通路中で発生した気泡がインクを吐出側インクと残留側インクとに分断するよう作用するので、吐出インク滴が尾を長く引くことがなくなり、サブドロップに起因していた印字品質の劣化という問題が解消できる。

#### 【0011】

【実施例】図3は、厚さ  $400 \mu m$  のSi基板1上に断熱作用を有する厚さ  $2 \mu m$  のSiO<sub>2</sub>層2、厚さ  $0.1 \mu m$  のCr-Si-SiO合金薄膜抵抗体3及び厚さ  $1 \mu m$  のNi配線導体5を積層して形成された、保護層を要しない発熱抵抗体14を示している。該発熱抵抗体は水中並びに水性インク中におけるパルス加熱によっても充分長い寿命を有することが確認されているものである（特願平05-68257号参照）。

【0012】前記発熱抵抗体14を水中6にてパルス加熱し、これによって発生、消滅する気泡をストロボ撮影によって観測した結果を図4に示す。この時の印加パルス幅は  $1 \mu s$ 、印加電力は  $2.5 W/dot$ 、パルス繰り返し周波数は  $1 KHz$ 、ストロボ撮影でのパルス照明時間は約  $1 \mu s$ 、水6の温度は約  $25^\circ C$  である。ここに見られる気泡の発生は本発明者の特許出願発明（特願平5-272451号）に詳しく述べてある通り、ゆらぎ核沸騰によるものである。

【0013】図4を見て分るように、パルス加熱開始後  $1 \mu s$  で既に  $5 \sim 10 \mu m$  の高さまで気泡は成長しており、沸騰開始点は  $0.5 \sim 1 \mu s$  以下という非常に早い時点であることが分る。また、この気泡はほとんど発熱抵抗体14と同じ面積のまま上方に成長し、四周への成長が極くわずかであること ( $5 \sim 10 \mu m$ )、最も成長した段階でもその高さは約  $30 \mu m$  であることなどが分る。これらは発熱抵抗体14の大きさが違っても変わらない。すなわち、膨張段階での気泡は水に対して垂直方向に強く加圧し、水に  $30 \mu m / 2 \sim 2.5 \mu s = 12 \sim 15 m/s$  という高速上昇流を付与する。この時の気泡の平均膨張率  $(dv/dt) / v$  も  $1/2 \sim 2.5 \mu s = 4 \sim 5 \times 10^5 / s$  という非常に大きな値となっている。すなわち、ゆらぎ核沸騰の特徴をよく表している。

【0014】一方、この気泡中の蒸気は膨張過程で周りのインクによる冷却と膨張による冷却で急速に冷やされ、最大気泡点での気泡はほぼ真空状態となっており、収縮が始まる。この場合の収縮は等方的な収縮となる筈であるが、前段で説明した高速上昇水流の慣性力によって高さ方向には収縮せず、気泡の四周からの比較的緩慢な収縮となっている。図4に記載の矢印は、この気泡の

膨張、収縮の様子から推定した水の流れを示したものである。

【0015】また、図4では従来技術で必ず見られていた気泡収縮に伴うリバウンド現象やヒータの冷却不足による再発泡などは見られない。これらの特性は、本発明者らが既に明らかにしたように、保護層の不要な薄膜抵抗体を短パルス駆動することによって得られるゆらぎ核沸騰に基づくものであり、図5に示すように、これらの特性が印加パルス幅や印加電力を  $2 \sim 3$  倍の範囲で変えてもほとんど不变であり、また、水性インク中においても同様の特性を示すことを確認している（特願平5-272451号）。

【0016】さて、このゆらぎ核沸騰に基づく気泡のこのような膨張、収縮特性を最も効果的にサーマルインクジェットプリントヘッドに適用できる構成は、発熱抵抗体面がインクの吐出方向と垂直になっている場合であることは容易に理解できよう。その一つの具体的な構成例を図1に示す。図1の(A)は、例えば  $h = 40 \mu m$  の発熱抵抗体14と、これに対向する位置に  $r (= R) = 40 \mu m$  のインク吐出ノズル8が  $t = 約 25 \mu m$  の距離だけ離れて組み立てられており、このスペースがインク供給液路9として利用される場合を示している。図1に示されているヘッド(A)とヘッド(B)の違いは、オリフィスプレート7にあけられているインク吐出ノズル8の形状が発熱抵抗体14側に向かって広がっているか否かの違いだけである。オリフィスプレート7の厚さTは約  $50 \mu m$ 、ヘッド(B)の  $R = 約 80 \mu m$  とした。

【0017】さて、図1に示すヘッドに水を注入し、発熱抵抗体14にパルス幅  $1 \mu s$ 、印加電力  $1.6 W$ 、パルス周波数  $1 KHz$  のパルス印加を行い、それぞれのノズル8から吐出される水滴の様子をストロボ撮影で観察した。その結果と図4に示す観察結果とを重ね合わせてヘッド内の水の流れを推定した結果を図2に示す。図2(A)は図1(A)のヘッド、(B)は図1(B)のヘッドに相当する。また、各々、左からパルス印加前、パルス印加開始から  $3, 6, 9, 12 \mu s$  後のノズル内の様子を示す。

【0018】まず、図2(A)の場合、 $3 \mu s$  時点で吐出側の液体とインク供給液路9側の液体とは気泡によって完全に分断される。この時点の気泡は既にほぼ真空状態であるので、吐出側の液体とインク供給液路9側の液体は共に約1気圧の圧力で吸引されており、インク供給液路9側の基板1に近い下層の液体は既に気泡を押しつぶす方向に動き始めている。しかし、吐出側の液体はこの時点で約  $12 \sim 15 m/s$  の流速を得ており、1気圧の圧力と  $50 \mu m$  程度の長さのノズルではこの速さをいささかも減ずることができないことは簡単な運動方程式を解くまでもなく分かることである。すなわち、吐出側液体はこの初速度のまま、 $8 \sim 9 \mu s$  時点でノズルから

飛び出す。

【0019】一方、インク供給液路9側液体は1気圧の圧力差で気泡を縮小させる方向に流入するが、吐出側液体がノズルから飛び出す約 $8\mu\text{s}$ 時点でこの圧力差が解消するため、これ以後の液体の流れは急速に減速される。そしてパルス印加前のメニスカス位置まで復帰するのは $60\sim70\mu\text{s}$ 後となる。このヘッドでは、印字品質低下の原因となるサブドロップの発生は認められない。

【0020】一方、図2(B)の場合は上記(A)の場合と大幅に異なる動きとなる。すなわち、図2(B)の最大気泡到達時の約 $3\mu\text{s}$ 時点においても吐出側の液体とインク供給液路9側の液体とは繋がっており、吐出側液体に引きずり出されるために長い尾を形成することになる。この尾の長さはノズル形状にも依存するが、最大 $500\mu\text{m}$ にも達する場合があり、これが飛翔中にいくつかの液滴いわゆるサブドロップとなって印字品質低下の原因となるのである。

【0021】ここに示した実験事実とそれから推定したヘッド内の液体の動きから分かるように、サブドロップの発生を抑止させるには、吐出液体と残留液体をできるだけ早期に分断せざることが不可欠となる。勿論、図2(B)のヘッドの場合においても、 $3\sim4\mu\text{s}$ 時点で繋がる薄層の液体が切れる場合もあり、その液体の粘弾性特性にも依存することは明らかである。更に製造技術的に考えても、ノズルの中心と発熱抵抗体の中心は或る範囲の誤差内にはらついている。従って、図2(A)のタイプのヘッドの場合においてもノズル中心と発熱抵抗体中心が $10\sim15\mu\text{m}$ もずれないと吐出液体は尾を引くことになり、サブドロップを発生してしまう。

【0022】従って、図1に示すノズルの方向が発熱抵抗体面に垂直またはほぼ垂直であるヘッドの場合、確実にサブドロップを発生させない条件は、インク供給液路9の高さが気泡の最大成長高さの $30\mu\text{m}$ より低く、ノズル8の下端面の垂直投影像が発熱抵抗体14の縁より $5\mu\text{m}$ 以上外側に出ないように配置することである。このような構成とすることによって、約 $12\sim15\text{m/S}$ という初速度を付与された吐出液体は確実に残留側液体と分断され、サブドロップが発生することがない。

【0023】一方、液体の吐出方向が発熱抵抗体面と平行なタイプのヘッドでサブドロップが発生しない条件はもう少し簡単である。この場合は、発熱抵抗体が形成されている部分でのインク液路の高さが $30\mu\text{m}$ 以下で、且つ、インク液路を形成している壁と発熱抵抗体の縁との距離が $5\mu\text{m}$ 以下となればインク液路中のインクを確実に分断せざることが可能である。この場合、吐出インクの吐出速度は発熱抵抗体の面積とその部分のインク液路の体積の比に依存している。但し、吐出速度を大きくすることはその反作用も大きくなることを意味し、インクの復帰時間を長くするという欠点が目立つこ

となる。

【0024】なお、本発明に近い先願発明として「前記気泡の内圧が外気圧以下の条件で前記気泡を外気と連通させることを特徴とする液体噴射方法」(特開平4-10940号、他)が出願されている。この先願発明は「気泡の内圧が外気圧以下の条件で前記気泡を外気と連通させたとき、インク供給通路9側の液体と吐出口側の液体がインク通路の一部で繋げられた状態となるようにした」というものであるが、これでは吐出インクが長く尾を引くことになり、本発明のサブドロップの発生防止方法とは根本的に相違している。また、上記連通方式は既に過去において実質的には実施されていた方法なのである。すなわち、特開昭54-161935号には、「発熱体によって液室内のインクをガス化させ、このガスをインク滴と共にインク吐出口より吐出させる」ということが述べられているが、「吐出すべきインク液滴の量に相当する距離を隔てたその後方内面に抵抗体等による筒状の発熱体」をパルス加熱してインク液滴を吐出口から吐出させると、既に詳しく述べたように、インク滴がインク吐出口より吐出される時点の気泡はほぼ真空状態となる。すなわち、特開昭54-161935号の発明者は、自身達のヘッドの吐出口からインク滴が吐出する瞬間の現象を見誤っただけであり、その実体は特開平4-10940号、他に記載されているように「前記気泡の内圧が外気圧以下の条件で前記気泡を外気と連通させ」ていたと思われる。

【0025】いずれにしても、「外気圧以下となった気泡を外気と連通させる」だけでは吐出インクと残留インクを分断させることができない場合が多く、サブドロップの発生を必ずしも防止することができない。例えば図8に示すように、インク供給液路16の高さが $40\sim50\mu\text{m}$ の場合、発熱抵抗体15の幅がインク供給液路16とほとんど同一の場合でも吐出インクは長く尾を引くことになり、サブドロップの発生が認められるのである。勿論、図8に示す $3\mu\text{s}$ 以降の気泡はほぼ真空状態であることは既に述べた通りである。また図2(A)に示すヘッドの場合、あるいは図7に示すヘッドでそのインク液路の高さが $30\mu\text{m}$ 以下の場合においても、発熱抵抗体上にインクが流入した時に再発泡する場合は明らかにサブドロップまたは多くのスプラッシュが発生する。すなわち、再発泡させない温度にまで発熱抵抗体を急冷させることは、サブドロップの発生抑止に不可欠な条件となるのである。

【0026】なお、図1に示すヘッドに例えば $50\mu\text{m}$ 幅のインク液路を形成しても、吐出インク滴の振る舞いが図2と基本的には変わらないことは改めて説明するまでもないであろう。また、これについては以下の実施例で多くの実例を示す。

【0027】【実施例1】図6はここで評価したサーマルインクジェットプリントヘッドのうち、インク吐出方

向が発熱抵抗体面と垂直またはほぼ垂直であるヘッドを示している。ここで、発熱抵抗体 1 4 は図 3 に示す構造であって、且つ  $h = 40 \mu m$ 、インク供給液路 9 の幅  $H = 50 \mu m$ 、オリフィスプレート 7 の厚さ  $T = 50 \mu m$ 、ノズルの吐出径  $r = 40 \mu m$  は共通とし、ノズル底の口径  $R$ 、インク供給液路 9 の高さ（隔壁高さ） $t$  を変えたヘッドをいくつか試作し、これらに水性インクを満たしてインクの吐出実験を行った。サブドロップの発生要因だけを評価するために、発熱抵抗体 1 4 にはパルス幅  $1 \mu S$ 、印加電力  $1.5 W$  のパルスエネルギーを  $1 KHz$  の周期で印加し、一つの吐出口から吐出するインク\*

\* 滴を用いて評価した。勿論、この場合の気泡の発生はゆらぎ核沸騰によるものである。また、ヘッドの  $1 mm$  前方を  $300 mm/S$  の速さで記録紙に走行させてこれに印字し、印字ドットにサブドロップが付随するかどうかを評価した。これらの実験に使用したノズルは、その中心と発熱抵抗体の中心が  $\pm 3 \mu m$  以内で一致していることを確認している。

【0028】これら一連の実験結果を表 1 に示す。

【0029】

【表1】

表 1

$t$	$R$	$40 (\mu m)$	$50$	$60$	$80$
20 ( $\mu m$ )	○	○	△	×	
30	○	○	△	×	
40	△	×	×	—	
50	×	×	—	—	

○ サブドロップなし  
△ わずかにあり  
× サブドロップあり

【0030】この結果は先に述べた結果と良く一致しており、水性インクの場合においても吐出口側のインクとインク供給液路側のインクとに分断させることができることがサブドロップの発生防止に不可欠な条件となることが分かる。また、表 1 のサブドロップが発生しないヘッドにおいても、パルス幅  $5 \mu S$ 、印加電力  $0.6 W$  のパルスエネルギーを  $1 KHz$  の周期で印加すると、ゆらぎ核沸騰によるインクの吐出ではあるが、印字ドットの周辺をわずかに汚染することが分かった。これは明らかに再発泡による※30

※再吐出がその原因であり、通常の印字をさせた場合は印字周辺をかなり汚す原因となる。

【0031】〔実施例 2〕実施例 1 のヘッドで、吐出ノズルの中心を発熱抵抗体の中心よりインク供給側に  $5 \mu m$  だけずらせたヘッドを作り、実施例 1 と同一条件でサブドロップの出現の有無を評価した。

【0032】

【表2】

表 2

$t$	$R$	$40 (\mu m)$	$50$	$60$	$80$
20 ( $\mu m$ )	○	○	×	—	
30	○	△	×	—	
40	×	×	—	—	
50	—	—	—	—	

○ サブドロップなし  
△ わずかにあり  
× サブドロップあり

【0033】その結果を表 2 に示すが、表 1 の結果とも合わせてまとめると、インク液路の高さは約  $30 \mu m$  以下であり、且つ、インク供給側の吐出ノズル底の発熱抵抗体面への垂直投影像がこの発熱抵抗体のインク供給側の縁より  $10 \mu m$  以上、望ましくは  $5 \mu m$  以上、外側（インク供給側）に出ていない構造とすることがサブドロップ抑制に不可欠な条件と言える。勿論、これに再発泡しないという条件が必要であることは実施例 1 で述べた通りである。

【0034】〔実施例 3〕ここでは発熱抵抗体とインク

吐出方向が平行となる図 7 のヘッドについての評価結果を述べる。ここで、インク供給液路 9 の幅  $H = 50 \mu m$ 、図 3 に示す構造の発熱抵抗体 1 4 の長さ  $l = 120 \mu m$ 、発熱抵抗体 1 4 の吐出ノズル側の縁から吐出までの長さ  $L = 80 \mu m$  は一定とし、インク供給液路 9 の高さ  $t$  と発熱抵抗体 1 4 の幅  $h$  を変えたヘッドを製作して実施例 1 と同様の評価実験を行った。発熱抵抗体 1 4 へのパルス通電は、パルス幅  $1 \mu S$ 、印加電力は  $0.12 \times h (\mu m) W/dot$  で図 5 に示す“ゆらぎ核生成条件”を満足するエネルギーを与えた（特願平 5-22724

51号参照)。

【0035】これら一連の実験結果を表3に示す。

【0036】

【表3】

表 3

$t$	30 ( $\mu m$ )	40
$20 (\mu m)$	△	○
30	×	○
40	×	×
50	—	×

- サブドロップなし
- △ わずかにあり
- × サブドロップあり

【0037】またこの構造のヘッドで、発熱抵抗体14がインク隔壁11の一方側に5  $\mu m$ 偏ったヘッドを製作して評価した結果を表4に示す。

【0038】

【表4】

表 4

$t$	30 ( $\mu m$ )	40
$20 (\mu m)$	×	○
30	×	△
40	—	×
50	—	—

- サブドロップなし
- △ わずかにあり
- × サブドロップあり

【0039】これらの結果から明らかなように、発泡した気泡がインク供給液路9をほぼ完全にふさぐことができるという条件がサブドロップの発生防止に不可欠であることが分かる。また、インク隔壁11の高さ $t$ が20  $\mu m$ 以下と非常に低い場合は、発熱抵抗体14の幅が充分広ければ、隔壁から5  $\mu m$ 以上離れていても気泡の膨張がインク通路をふさぐことができ、サブドロップの発生を防ぐことも可能となる。但し、この場合はインク吐出口の形状が偏平となるためドロップ形状が悪くなり易く、吐出口の幅を少し絞る等の工夫が必要となる。また、このタイプのヘッドの場合においても再発泡は記録紙を汚し易くなることは実施例1、2の場合と同様であった。

【0040】尚、実施例1、2におけるオリフィスプレートの厚さ $T$ を80  $\mu m$ と厚くしてもサブドロップに関する結果は不变であり、同様に実施例3における $l$ の長さを120  $\mu m$ と長くしても若干サブドロップが発生し易くなる傾向が認められるが傾向は変わらなかった。

【0041】【実施例4】本実施例では、サブドロップの発生抑止にゆらぎ核沸騰が必ずしも不可欠な条件ではなく、重要なのは気泡によってインクを吐出口側のイン

クとインク供給液路側のインクとに分断されることであることを示す。勿論、ゆらぎ核沸騰によって発生する気泡を用いることで吐出が安定するのは確かであるが、その差は実施例1のような発熱抵抗体面とインク吐出方向が垂直の場合にはそれほど顕著ではなく、むしろ実施例3のように発熱抵抗体面とインク吐出方向が平行となるヘッドの場合に顕著な差となって現われる。それは、ゆらぎ核沸騰によって現われる微小気泡核の発生がヒータ面全域で均一となっているのに対し、それ以外の均質核沸騰や不均質核沸騰の場合に現われる微小気泡核はヒータ面で不均一に発生するため、その後の気泡の成長に方向性が現われ、これがインク吐出力として作用する方向に大きな影響を与えるからである。但し、気泡としての成長、消滅についてあまり差は認められない。

【0042】そこで実施例1のヘッドを用い、均質核沸騰または不均質核沸騰ではあるがゆらぎ核沸騰とはならない条件(パルス幅5  $\mu s$ 、印加電力0.45W)を与えたときのインク吐出状況を観察したところ、吐出のタイミングが遅くなること以外はほとんど表1と同じ結果が得られた。なお、この評価試験でパルス幅を5  $\mu s$ と長くしたのは、保護層のないヒータの場合、短パルス加熱でゆらぎ核沸騰ではない均質核沸騰または不均質核沸騰を起こさせることができないためである。

【0043】このように、本実施例では気泡の発生がゆらぎ核沸騰に起因するものでないとしても、気泡でインクを吐出口側のインクとインク供給液路側のインクとに分断させることによって、インクの吐出の際に発生する尾引き現象やスプラッシュといった不具合を解消できることが実証された。但し、マルチノズルのヘッドを駆動する場合、ノズル間で発熱抵抗体の抵抗値や駆動電源の内部抵抗に差があり、これらを比較的長いパルス幅で駆動すると発熱抵抗体間で昇温速度に差が現われ、沸騰開始時刻にバラツキが現われる。更に、ゆらぎ核沸騰と均質核沸騰、更には不均質核沸騰の間で気泡の成長に若干の差が現われ、初期段階における微少気泡核の発生状態も異なっている。これらは全て僅かながらとはいえ、吐出の安定には不都合な影響を与え、印字品質劣化の原因ともなる。従って、若干の投入エネルギーの増加は必要とはいえ、ゆらぎ核沸騰条件でインクを吐出させるのが最善策となる。

【0044】

【発明の効果】本発明によれば、発生した気泡によって吐出側インクが残留側インクと分断させられるため、吐出インク滴が尾を長く引くことがなくなり、サブドロップに起因していた印字品質の劣化という問題が解消できる。また、発熱抵抗体の温度を急速に冷却させて再発泡を抑えたことにより、追加吐出またはスプラッシュによる記録紙の汚染を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実験に用いたヘッドの断面図。

11

【図2】 図1のヘッドからインクを吐出させた場合のヘッド内部のインクの動きを推定した模式断面図。

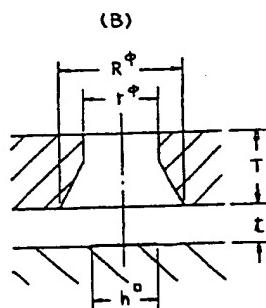
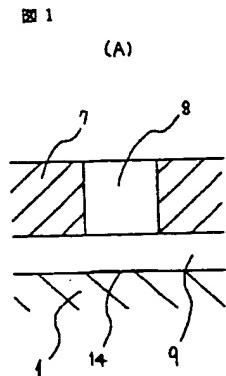
【図3】 本発明の実験に用いた薄膜発熱抵抗体の構造図。

【図4】 図3の発熱抵抗体を水中にてパルス加熱した時の気泡の発生、消滅とそれから推定した水の流れの様子を示す模式断面図。

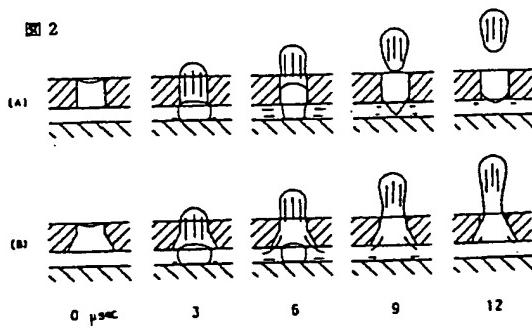
【図5】 図3のヒータを水中にてパルス加熱させたときのゆらぎ核沸騰生成域（実線）と単発泡域（点線）を示すグラフ。

【図6】 本発明の実験に用いた集積化ヘッドの断面図。

【図1】



【図2】



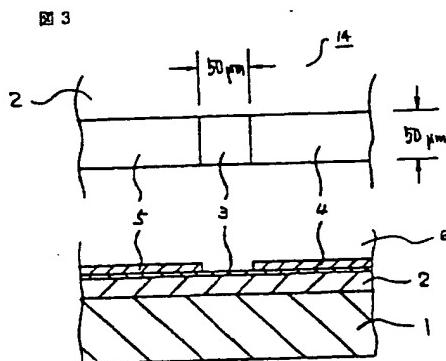
【図7】 本発明の実験に用いた他の集積化ヘッドの断面図。

【図8】 従来のヘッドからインクを吐出させた時のインクの動きを示す断面図。

【符号の説明】

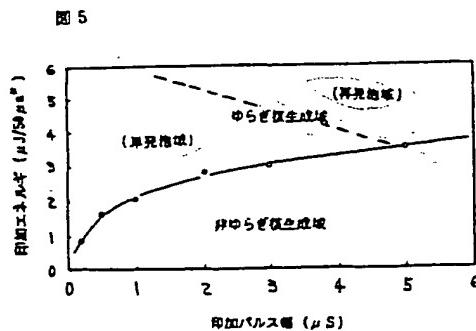
1はSi基板、2はSiO<sub>2</sub>層、3はCr-Si-SiO合金薄膜抵抗体、4、5はNi配線導体、6は水、7はオリフィスプレート、8はノズル、9、16はインク供給液路、10は共通インク溝、11はインク隔壁、12はノズル底垂直投影像、13は天板、14、15は発熱抵抗体である。

【図3】



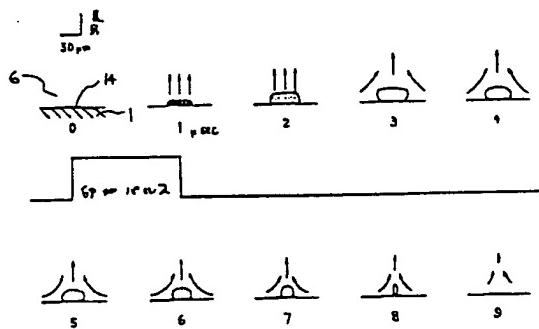
1 Si基板 ( $400 \mu\text{m}^2$ )  
2 SiO<sub>2</sub>層 ( $2 \mu\text{m}$ )  
3 Cr-Si-SiO合金薄膜抵抗体 ( $0.1 \mu\text{m}$ )  
4,5 Ni配線導体 ( $1 \mu\text{m}$ )  
6 水  
14 ノズル底垂直投影像

【図5】



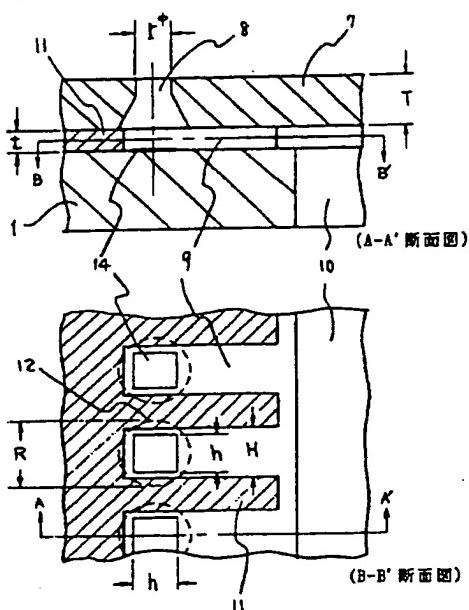
【図4】

図4

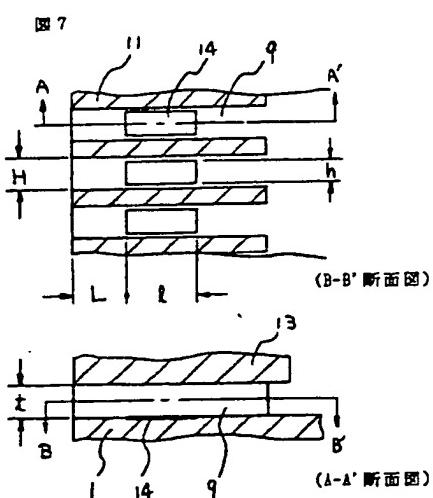


【図6】

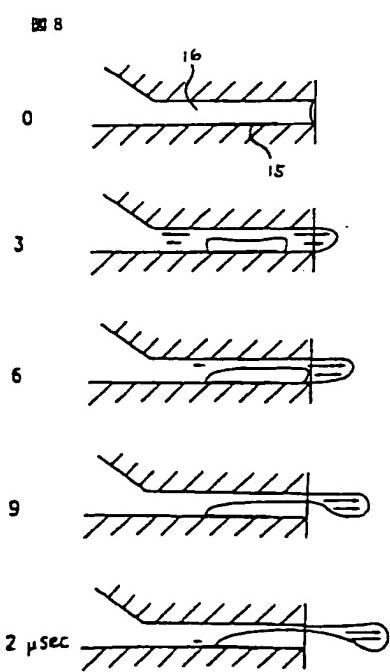
図6



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 町田 治  
茨城県勝田市武田1060番地 日立工機株式  
会社内